

Karel KUBEČKA¹, Antonín LOKAJ², Kristýna VAVRUŠOVÁ³, David JONOV⁴

OVĚŘENÍ KVALITY POUŽITÉHO ŘEZIVA

Abstrakt

Příspěvek seznámí s postupem laboratorního zjišťování vlastností dřeva potřebných k provedení kontrolního statického výpočtu havarované konstrukce zastřešení prodejny Lidl v Ostravě. U této konstrukce došlo dne 3. ledna 2006 k havárii. Zkoumání vlastností dřeva a prokázání jeho kvality bylo součástí znaleckého posudku podaném znaleckým ústavem FAST VŠB TU Ostrava.

ÚVOD

Jako jedna z možných variant poruchy nosné konstrukce zastřešení a následného zřícení střechy prodejny LIDL v Ostravě bylo porušení některého z prvků vazníku zastřešení z důvodů špatné kvality dřeva, ze kterého byla konstrukce střešních vazníků zhotovena, následně přivezena na stavbu a na místě stavby smontována a realizována.

Pro potvrzení nebo vyvrácení této domněnky bylo nutno provést měření [1] na základě kterých pak po vyhodnocení [2], [3], [4] lze stanovit charakteristiky použitého materiálu, tedy dřeva. Pro uskutečnění tohoto měření – laboratorního měření bylo nutno provést odebrání vzorků z neporušených částí zborcené konstrukce. V místě kde došlo k prvotnímu kolapsu konstrukce nebylo možné určit, který z prvků byl porušen případným přetížením, nebo zda byl porušen následně při pádu konstrukce z výšky, kdy padající střešní krytina polámala vše co ještě jí stálo v cestě.

LABORATORNÍ ZKOUŠKY DŘEVA

Pro ověření kvality, jakosti a třídy dřeva, tedy geometrických a mechanicko fyzikálních vlastností použitého řeziva byl proveden odběr vzorků dřeva z části konstrukce, kde došlo k jejímu zřícení - z porušených konstrukcí střešních vazníků. Úkolem vlastního laboratorního zkoumání je potvrdit nebo vyvrátit vztah mezi použitým řezivem z hlediska kvality dřeva v návaznosti na zařazení do třídy řeziva ve vztahu na mechanicko fyzikální hodnoty použitého materiálu a v návaznosti na hodnoty použité ve statickém výpočtu konstrukce. Odběr vzorků byl proveden ve spolupráci s pracovníky integrovaného záchranného systému – Hasičského sboru města Ostravy v průběhu prohlídky konstrukce dne 4.1.2006. Množství odebraných vzorků vylo volena tak, aby je bylo možno odvézt dvěma osobními vozy (znalec + odborný konzultant). Bylo odebráno 54 ks vzorků délky přibližně 1050 mm. Výška průřezu byla u všech vzorků přibližně stejná a to 50 mm. Podle šířky průřezu byly vzorky rozděleny do čtyř skupin:

- A - šířka průřezu cca 160 mm,
- B - šířka průřezu cca 135 mm,

¹ Ing., Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 343, e-mail: karel.kubecka@vsb.cz

² Ing., Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 302, e-mail: antonin.lokaj@vsb.cz

³ Ing., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 375, e-mail: kristyna.vavrusova@vsb.cz

⁴ Ing., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 322, e-mail: david.jonov@vsb.cz

C - šířka průřezu cca 115 mm

D - šířka průřezu cca 75 mm.

Jednotlivé zkoušky, jejich průběh a metodika provedení zkoušek jsou v souladu s příslušnými normami [1], [2], [3], [4]. Na odebraných vzorcích byly provedeny tyto zkoušky:

1. vizuální zařazení podle pevnosti
2. ověření rozměrů a vlhkosti
3. hustota
4. nedestruktivní měření tvrdosti přístrojem Pilodyn
5. čtyřbodová ohybová zkouška

Následně bylo provedeno celkové vyhodnocení laboratorního měření

Vizuální zařazení podle pevnosti

Posouzení je prováděno na základě ustanovení normy ČSN 49 1531-1 Dřevo na stavební konstrukce – Část 1: Vizuální třídění podle pevnosti. Měření bylo prováděno na 54 vzorcích odebraných ze zkolabované konstrukce střešních vazníků dne 4. ledna 2006. Zkoušení dřeva probíhalo v laboratořích při teplotě 26,3 °C a vlhkosti vzduchu 26,5%. Charakteristika tříd deskového a hraněného řeziva vizuálním tříděním se provádí dle následujících kritérií:

1. Suky
2. Odklon vláken
3. Průměrná šířka letokruhů
4. Trhliny výsušné a dřevné
5. Obliny
6. Zakřivení
7. Zbarvení dřeva
8. Hniloba dřeva
9. Poškození hmyzem
10. Poškození cizopasnými rostlinami
11. Tlakové dřevo (křemenitost)
12. Dřev
13. Zárostky a smolníky

Všechny posuzované vzorky splňují požadavky 2), 5) až 13) a na základě těchto kritérií splňují požadavky třídy S0 a proto již v dalším nebudou zmiňovány.



Obr.1 Měření rozměrů suku

ad 1) U hraněného řeziva se posuzují jednotlivé suky. Měří se nejmenší průměr, popř. nejmenší rozměr obrysu suku. Poměrný rozměr suku je dán podílem rozměru suku a příslušného rozměru strany průřezu. Kriteria pro zařazení uvádí norma ČSN 49 1531-1.

ad 3) Měří se na čele řeziva jako průměrná šířka deseti sousedních letokruhů na úseku procházejícím středem průřezu, vzdáleném však nejméně 25 mm od dřeně. Posuzuje se průměrná šířka letokruhu.



Obr.2 Měření šířky letokruhů



Obr.3 Měření délky trhlín



Obr.4 Pronikající trhlina

ad 4) Trhliny se kontrolují na čelech a na povrchu řeziva a omezují se jejich délkou. Přitom se rozlišují nepronikající a pronikající trhliny.

Ověření rozměrů a vlhkosti prvků

Délkové rozměry prvku byly měřeny pomocí délkového měřidla s přesností $\pm 0,5$ mm. Šířka a výška průřezu vzorku byly měřeny pomocí elektrického měřidla s přesností $\pm 0,01$ mm. Každý z rozměrů vzorku byl změřen 3 krát a to na začátku, uprostřed a na konci profilu.

Vlhkost vzorků byla měřena pomocí dotkových vlhkoměrů WNT 650 - chyba měření $\pm 1\%$ do 25%, $\pm 2,5\%$ nad 25% a WHT 860 - chyba měření max. $\pm 1\%$ na rozsahu I (bylo užito při měření).

Byla provedena čtyři měření vlhkosti na každém vzorku.



Obr.5 Vlhkoměry



Obr.6 Vážení vzorků

Hustota

Hustota byla stanovena podle vzorce: $\rho = \frac{m}{V}$ [kg.m⁻³] kde:

m je hmotnost vzorku

V je objem vzorku

Tato hustota byla dále upravena dle požadavků normy ČSN EN 384 na 12 % vlhkost dřeva a to dle pravidla:

- ☐ pro vlhkost dřeva větší než 12% se hustota redukuje o 0,5 % pro každé procento poklesu vlhkosti dřeva,
- ☐ pro vlhkost dřeva menší než 12 % se hustota dřeva zvětší o 0,5 % pro každé procento poklesu vlhkosti dřeva.

Nedestruktivní ověřování hustoty přístrojem Pilodyn

Pro ověření hustoty v různých místech vzorků byl použit přístroj Pilodyn, který měří hustotu dřeva na základě hloubky průniku trnu. Trn (ocelový razník) je průměru 2,5 mm a je do dřeva vrážen konstantní silou 6 joulů. Hloubka vniku trnu se odečítá ze stupnice na přístroji. Zjišťuje se, zda-li se hustota vzorku v jeho jednotlivých částech příliš neliší. Na každém vzorku bylo v různých částech provedeno 8 měření.



Obr.7 Měření hustoty - Pilodyn

OHYB

Pro zjištění pevnosti v ohybu byl použit lis EU 40. Vzorek zkoušený na ohyb byl zatěžován symetricky dvěma břemeny při rozpětí rovnajícím se 18 násobku výšky. Břemena byla umístěna ve třetinách rozpětí (viz schéma).

Vzorek byl zatěžován stálou rychlostí, kdy rychlost zatěžovací hlavy nebyla větší než 0,003h mm/s a to tak, že bylo dosaženo maximálního zatížení v průběhu 300 ± 120 s. Vzorky, u kterých tento požadavek nebyl splněn, se při vyhodnocování ohybové pevnosti vzorků neuvažovaly.

Pevnost v ohybu je dána vztahem:

$$f_m = \frac{a \cdot F_{\max}}{2 \cdot W} \quad [\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}] \quad \text{kde:}$$

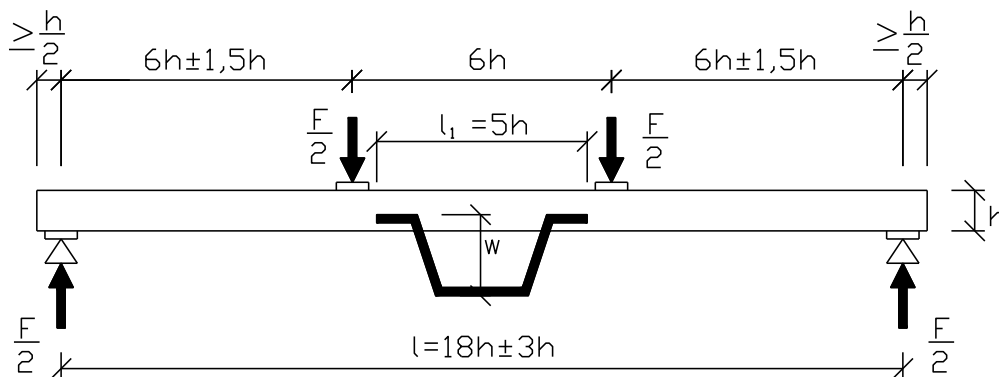
F_{\max} je lomová síla [N]

W modul průřezu vzorku [mm^3]

a vzdálenost zatěžovacího břemene od bližší podpěry [mm]



Obr.8 Zkouška - ohyb



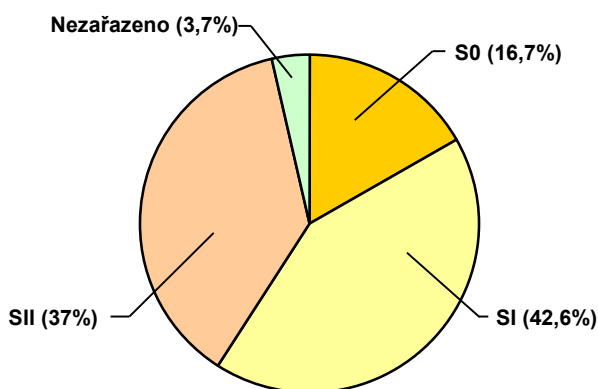
Obr.9 Schéma zatěžování vzorků při ohybové zkoušce

VYHODNOCENÍ

Na základě provedených zkoušek bylo provedeno vyhodnocení provedených zkoušek s tímto výsledkem:

počet vzorků zařazených do třídy S0	9	(16,7%)
počet vzorků zařazených do třídy SI	23	(42,6%)
počet vzorků zařazených do třídy SII	20	(37,0%)
počet nezařazených vzorků	2	(3,7%)
celkový počet vzorků:	54	(100%)

Vzorky byly zaříděny podle kritérií uvedených v ČSN 49 1531-1. Na zařídění vzorků do vyšších tříd (SI a SII) měly největší vliv rozměry suků, které ve dvou případech znehodnocovaly vzorky natolik, že je nebylo možno umístit ani do třídy SII.



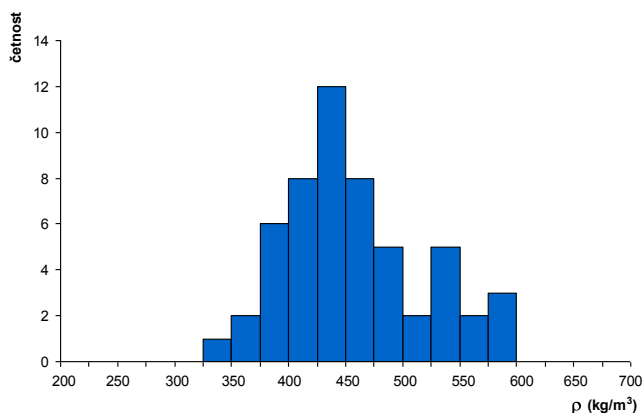
Obr.10 Zařídění vzorků

Vlhkost

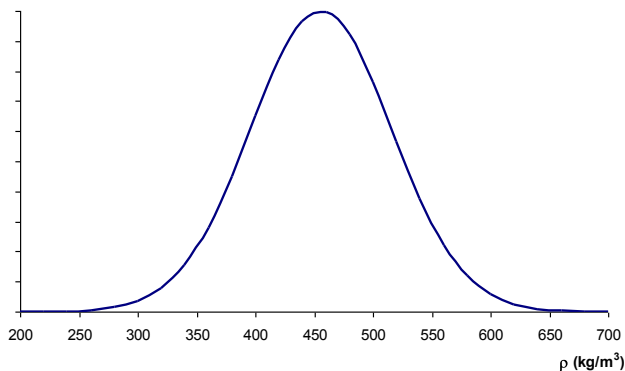
Vlhkost vzorků se pohybovala přibližně v rozmezí 5 až 12%. Výsledky měření se použily pro přepočet hustoty měřených vzorků na hustotu při 12% vlhkosti.

Hustota

Z objemu a hmotnosti jednotlivých vzorků byla vypočtena jejich hustota a ta byla dále přepočtena na hustotu dřeva při 12% vlhkosti. Výsledky se pohybovaly přibližně v rozmezí (viz graf) $\rho = 350$ až 550 kg/m^3 . Následující grafy zobrazují četnost pro jednotlivé intervaly hustoty (velikost intervalu je 25 kg/m^3) a Gaussovo rozdělení hustoty vypočtené z naměřených hodnot (střední hodnota $\mu = 455,8$ a směrodatná odchylka $\sigma = 60,094$).



Obr.11 Hustota ρ – četnost v intervalech $I = 25 \text{ kg/m}^3$

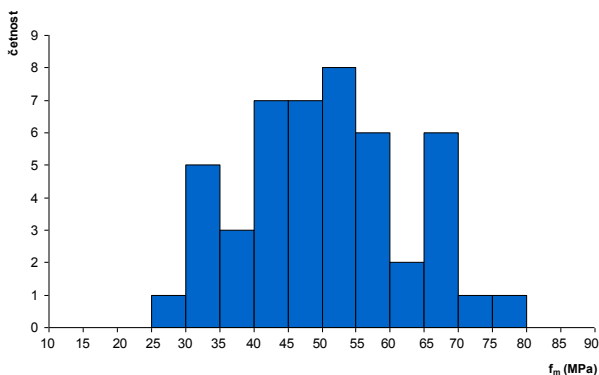


Obr.12 Gaussovo rozdělení hustoty ($\mu = 455,8$, $\sigma = 60,094$)

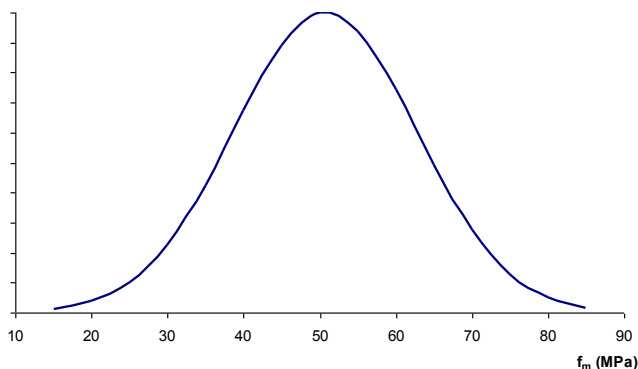
Pevnost vzorků v ohybu

Na lisu EU 40 byly měřeny velikosti zatížení při porušení vzorku a z nich byly vypočteny pevnosti vzorků v ohybu f_m . Výsledky se pohybovaly přibližně v rozmezí 30 až 75 MPa.

Následující grafy zobrazují četnost pro jednotlivé intervaly pevnosti (velikost intervalu je 5 MPa) a Gaussovo rozdělení pevnosti vypočtené z naměřených hodnot (střední hodnota $\mu = 50,7$ a směrodatná odchylka $\sigma = 12,018$).



Obr.13 Pevnost v ohybu f_m – četnost v intervalech $I = 5$ MPa



Obr.14 Gaussovo rozdělení pevnosti v ohybu ($\mu=50,7$, $\sigma=12,018$)

ZÁVĚR

Na základě laboratorního měření je možno stanovit tento závěr:

ČSN 49 1531-1 Dřevo na stavební konstrukce – Část 1: Vizuální třídění podle pevnosti (98/02) stanoví mj. charakteristické hodnoty pevnosti v ohybu: $f_{m,k} = 22$ MPa a hustoty ($k = 370$ kg/m³ pro jehličnaté řezivo třídy pevnosti SI, tj. řezivo na nosné prvky dřevěných konstrukcí. Jedná se o 5-ti procentní kvantily z rozdělení pravděpodobnosti těchto hodnot ze souborů získaných laboratorním měřením na vzorcích konstrukčních rozměrů. Tato norma platila v době návrhu a realizace střešní konstrukce prodejny LIDL. V současnosti platí pro určování mechanických vlastností vizuálně tříděného řeziva norma ČSN 73 2824-1 Třídění dřeva podle pevnosti – Část 1: Jehličnaté řezivo (od 10/01/2004). Hodnoty pevností a hustoty pro nynější třídu S10 (dříve SI) se však nemění.

Z výše uvedených histogramů sestavených na základě laboratorních testů řeziva střešní konstrukce LIDL vyplývá, že hodnoty naměřené na těchto vzorcích potvrzují použití řeziva třídy pevnosti SI (pevnost v ohybu: $f_{m,05} = 31$ MPa, hustota: ($k = 371$ kg/m³) na vyšetřovaných vaznicích střešní konstrukce prodejny LIDL.

This outcome has been achieved with the financial support of the Ministry of Education, Youth and Sport, project No.1M680470001, within activities of the CIDEAS research centre.

LITERATURA

- [1] KUBEČKA K: Znalecký posudek ZP-260/2006 - Stanovení příčin havárie konstrukce střechy supermarketu Lidl v Ostravě
- [2] ČSN 49 1531-1 Dřevo na stavební konstrukce – Část 1: Vizualní třídění podle pevnosti,
- [3] ČSN EN 384 Konstrukční dřevo – Zjišťování charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty
- [4] ČSN EN 408 Dřevěné konstrukce – Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Zjišťování některých fyzikálních a mechanických vlastností
- [5] KUBEČKA K., KREJSA M., JONOV D.: Rizika modelování nosných konstrukcí střech. Mezinárodní konference Modelování v mechanice, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky 1.-2. února 2006, ISBN 80-248-1035-2, strana 41.

Reviewer: Ing. Ivan Holínka, IDEA s.r.o.